Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 405-419

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۱۹-۴۰۵

ارزیابی زمان تغذیه برگی بوریک اسید و سولفات روی بر غلظت عناصر و عملکرد روغن کلزا در منطقه سیستان

محمد فروزنده[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۲

چکیده

به منظور ارزیابی محلول‌پاشی بوریک اسید و سولفات روی در مراحل رویشی و زایشی بر غلظت عناصر و عملکرد روغن کلزا در منطقه سیستان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل محلول‌پاشی در چهار سطح شامل شاهد (عدم محلول‌پاشی)، اسید بوریک (غلظت ۲ گرم در لیتر)، سولفات روی (غلظت ۲ گرم در لیتر) و سولفات روی+ اسید بوریک (غلظت ۲+ ۲ گرم در لیتر) و زمان محلول‌پاشی در سه سطح محلول‌پاشی در مراحل رشد رویشی (۹۰ روز پس از کاشت)، زایشی (۱۲۰ روز پس از کاشت) و رویشی+ زایشی بودند. نتایج نشان داد نوع محلول‌پاشی به‌جز بر عدد اسپد بر تمام صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری داشت. زمان محلول‌پاشی بر همه صفات مورد بررسی به‌جز وزن هزار دانه و عدد اسپد تأثیر معنی‌دار داشت. بیشترین عملکرد دانه (۲۶۱۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن (۱۵۶۹/۶ کیلوگرم در هکتار) و درصد پروتئین دانه (۴۲/۲ درصد) در تیمار محلول‌پاشی اسید بوریک+ سولفات روی در هر دو مرحله رویشی و زایشی مشاهده شد که به‌ترتیب نسبت به شاهد ۶۶/۸، ۷۶/۷ و ۵۲/۸ درصد افزایش نشان داد. بیشترین میزان جذب نیتروژن دانه و کاه به‌ترتیب به میزان ۶/۷ و ۲/۹ درصد از محلول‌پاشی اسید بوریک+ سولفات روی در هر دو مرحله رویشی و زایشی به‌دست آمد. محلول‌پاشی توأمان بور و روی موجب افزایش غلظت این عناصر در دانه کلزا به میزان ۳۶/۳ و ۳۹/۲ درصد نسبت به شاهد شد. بر اساس این نتایج محلول‌پاشی بور و روی در هر دو مرحله رویشی و زایشی گیاه، سبب افزایش عملکرد دانه و روغن و کیفیت دانه کلزا در منطقه سیستان شد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، درصد روغن، سولفات روی، محلول‌پاشی، نیتروژن کاه و دانه

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی از خانواده چلیپاییان[2] است که دارای تیپ‌های رشد بهاره، پاییزه و یکی از مهمترین دانه‌های روغنی می‌باشد (Sarmadnia and Kouchaki, 1993). ویژگی‌های خاص این گیاه و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور سبب شده است که توسعه کشت آن به‌عنوان نقطه امید تأمین روغن خام مورد نیاز و رهایی از وابستگی ۹۳ درصدی آن به شمار رود. به طوری که در حال حاضر زراعت این محصول نقطه ثقل طرح‌های افزایش تولید دانه‌های روغنی به حساب می‌آید (Shariati and Ghazi Shahni Zadeh, 2001). در ایران نیز افزایش جمعیت، افزایش مصرف سرانه روغن و تغییر ذائقه مردم، سبب وابستگی شدید کشور به واردات روغن شده است.

نحوه تغذیه کلزا یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد دانه، درصد روغن و کیفیت دانه آن می‌باشد. یکی از راه‌های افزایش تولید، تغذیه بهینه گیاه است. در کشاورزی متداول، نیاز تغذیه‌ای گیاهان به کمک کودهای شیمیایی عمدتاً نیتروژنی، فسفاته و پتاسه تأمین می‌شود. اگرچه کودهای شیمیایی از لحاظ تهیه و استفاده مناسب هستند اما کارخانجات تولیدکننده این کودها به انرژی فوق‌العاده زیادی نیاز دارند (Pimentel and Dazhong, 1990). بنابراین وابستگی به این نهاده غیر قابل تجدید سبب ایجاد ناپایداری در تولیدات کشاورزی می‌گردد (Pimentel and Patzek, 2005). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از ریزمغذی‌ها تأثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد، درصد و عملکرد روغن کنجد (*Sesamus indicum* L.) داشته است

۱- مربی، پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: m.forozandeh@uoz.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.62455
2- Brassicaceae

(Ahmadi *et al.*, 2012).

روی، عنصری است که در مقادیر کم و حیاتی برای گیاه لازم است تا اجازه فعالیت‌های فیزیولوژیک را به گیاه بدهد. این فعالیت‌ها نقش مهمی در فرآیندهای فتوسنتز و تشکیل قند، سنتز پروتیین، حاصلخیزی، رشد و مقاومت در برابر بیماری دارند. کمبود روی با تضعیف فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه، باعث کاهش محصول و افت کیفیت آن می‌شود. کاربرد روی در مرحله هشت برگی به صورت محلول‌پاشی، موجب افزایش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سویا (*Glycine Max* L.) گردید (Jamsom *et al.*, 2009). در آزمایشی اعلام گردید محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت یک درصد باعث افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان (*Helianthus.annuus* L.) نسبت به سایر تیمارها شد (Baniabbass Shahri *et al.*, 2012). بیشترین عملکرد سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) با میانگین ۴۸۵ کیلوگرم در هکتار نیز از محلول‌پاشی در مرحله ۱۰۰ درصد گلدهی به‌دست آمد (Moosazadeh *et al.*, 2010). در گزارشی تیمار محلول‌پاشی سولفات روی، بیشترین تعداد کپسول در بوته کنجد را به خود اختصاص داد (Ostad, 2014). اثر زمان محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی بر کلیه ویژگی‌های مورد مطالعه به استثنای شاخص کلروفیل برگ و عملکرد دانه در بوته کنجد معنی‌دار شد (Ostad, 2014).

بور نیز نقش مهمی در جوانه‌زنی و رشد لوله گرده دارد. اگر کمبود بور وجود داشته باشد گل‌ها به دلیل عدم لقاح می‌ریزد و یا به میوه‌های کوچک تبدیل می‌شوند (Castr and Sotomayor, 1997). همچنین بور جزء عناصری است که حد کفایت و سمیت آن بسیار به‌هم نزدیک است. مقدار بور در گیاه ۵ تا ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است ولی باید توجه داشت که این مقدار در گیاهان و خاک‌های مختلف متغیر است. مقدار بور بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گیاهان موجب سمیت و خشکی گیاه می‌گردد (Salardini, 2003). بور دارای مشکلات بسیاری ازجمله بر هم خوردن تعادل غذایی و جلوگیری از جذب دیگر عناصر است که سبب بروز علایم و مشکلات در محصول می‌شود. در آزمایش بیان شد کاربرد تمام سطوح روی و بور باعث افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم در دانه ذرت (*Zea mays*) شد (Farshid, 2008). همچنین محققان گزارش کردند اگر تنها افزایش غلظت روی دانه مطرح باشد، محلول‌پاشی روی، زمانی که افزایش عملکرد محصول مد نظر باشد، مصرف خاکی و هنگامی‌که هر دو پارامتر مهم باشند ترکیبی از مصرف خاکی و محلول‌پاشی مفید خواهد بود (Yilmaz *et al.*, 1997). برای بر طرف نمودن کمبود بور و حصول بیشترین مقدار عملکرد در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*)، محلول‌پاشی برگی اسیدبوریک با غلظت ۰/۰۲۵ درصد در دو نوبت یک و دو ماه پس از سبز شدن، توصیه شده است. افزایش غلظت محلول‌پاشی از ۰/۱ درصد به ۰/۴ درصد منجر به سمیت و کاهش عملکرد لوبیا چیتی شده است (Hosseini, 2016).

روغن مهم‌ترین جزء دانه‌های روغنی تا حدود زیادی تحت تأثیر کود دهی معدنی قرارد می‌گیرد لذا کاهش در مقدار روغن استحصالی ممکن است در نتیجه کمبود عناصر غذایی باشد. نتایج نشان دادند که کاربرد نیتروژن، درصد روغن دانه را در ارقام کلزا کاهش و کاربرد روی درصد روغن را در دانه‌های کلزا افزایش داد (Olama *et al.*, 2013). محلول‌پاشی سولفات روی، اسید بوریک و همچنین محلول‌پاشی توأم سولفات روی و اسید بوریک باعث افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum*) در مقایسه با تیمار شاهد شد (Ostad, 2014). در گزارشی دیگر از کاربرد توأم بور، روی و گوگرد، بیشترین میزان جذب عناصر بور، روی و گوگرد دانه کلزا به‌دست آمد (Habibi *et al.*, 2016). در بررسی محلول‌پاشی توأم اسید بوریک و سولفات روی با غلظت‌های به‌ترتیب دو در هزار و سه در هزار در مراحل ابتدای ساقه رفتن و ابتدای گلدهی در افزایش کیفیت دانه کلزا توصیه گردیده است (Khiavi *et al.*, 2010).

با توجه به اهمیت کاربرد ریز مغذی‌های روی و بر در خانواده براسیکاسه و برنامه خودکفایی در تأمین روغن کشور، این پژوهش به منظور ارزیابی زمان محلول‌پاشی اسید بوریک و سولفات روی بر غلظت عناصر نیتروژن، روی، بور و عملکرد روغن کلزا در شرایط آب و هوایی منطقه سیستان صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی۹۴- ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل اجرا گردید. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر آب و هوا، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. متوسط بارندگی در آن ۵۸/۹ میلی‌متر در سال، متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالانه آن ۴۸۶۵ میلی‌متر است.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل: الف- زمان محلول‌پاشی در سه سطح شامل محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی (ساقه رفتن، مطابق با ۹۰ روز پس از کاشت)، رشد زایشی (۳۰ درصد گلدهی، مطابق با ۱۲۰ روز پس از کاشت) و محلول‌پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی و ب- محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها در چهار سطح شامل شاهد (عدم محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی عنصر بور با

غلظت ۲ گرم در لیتر، محلول‌پاشی روی با غلظت ۲ گرم در لیتر و محلول‌پاشی توأم روی و بور با غلظت ۲+ ۲ گرم در لیتر بودند. رقم مورد استفاده Hyola 401 بود. عنصر بور از منبع اسید بوریک (۱۷٪) و عنصر روی از منبع سولفات روی (۲۲٪) استفاده شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح در اوایل آبان انجام شد و قبل از کاشت از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه مرکبی تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical analysis

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	بافت خاک Texture
-	Ds.m^{-1}			٪					ppm			-
8.12	6.36	0.39	45	42	13	2.6	190	6.52	1.29	0.91	6.07	لوم شنی Sandy loam

عملیات کاشت در تاریخ ۲۰ آبان ماه انجام پذیرفت. کودهای شیمیایی پایه شامل نیتروژن (از منبع اوره) ۷۰ کیلوگرم در مرحله سه برگی، ۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۸۰ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی کامل، کود فسفره (سوپرفسفات تریپل) ۱۰۰ کیلو گرم و کود پتاسه (سولفات پتاسیم) ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شد. هر کرت آزمایشی به طول شش و عرض دو متر شامل چهار تیمار که هر تیمار ۴ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف چهار سانتی‌متر بود. عملیات داشت شامل وجین، آبیاری و سله‌شکنی به‌طور منظم انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام و به‌منظور حصول اطمینان از سبز شدن یکنواخت آبیاری دوم به فاصله سه روز پس از آبیاری اول انجام شد. آبیاری‌های بعدی در فواصل ۱۰ روزه و عملیات وجین علف‌های هرز نیز در سه مرحله و به صورت دستی انجام شد. در طول دوره رشد گیاه از کاشت تا برداشت از هیچ نوع علف‌کشی استفاده نشد.

در مرحله رسیدگی کامل، گیاه از سطح خاک برداشت شد و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مورد بررسی قرار گرفت. قبل از برداشت تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و میانگین آن برای ارتفاع بوته ثبت شد. پس از حذف اثر حاشیه از یک کوادرات ۱ متر مربعی استفاده شد، بوته‌ها کف بر و سپس غلاف‌های آن جدا شد و عملکرد نهایی به‌دست آمد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک نمونه‌های برداشت شده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس توزین شد. وزن هزار دانه بر حسب گرم به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۱ محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عدد اسپد[1]، در مرحله پر شدن دانه از هر گیاه سه برگ انتهایی (سه نقطه از هر برگ)، توسط دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD 502 Plus قرائت و میانگین آن به‌دست آمد. اندازه‌گیری درصد روغن دانه به‌وسیله سوکسله صورت پذیرفت. ابتدا ۲ گرم از نمونه‌های پودر شده، پس از قرار گرفتن در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت، وزن و در کارتوش سلولزی ریخته شد. حلال مورد استفاده پترولیوم اتر بود و مدت زمان روغن‌گیری ۴/۵ ساعت و درجه منبع حرارتی مطابق نقطه جوش حلال تنظیم گردید. عملکرد روغن دانه از معادله (۱) به‌دست آمد.

نیتروژن به روش کلدال و با استفاده از معادله (۲) محاسبه و درصد پروتئین از حاصلضرب درصد نیتروژن در ۶/۲۵ تعیین گردید (Olama *et al.*, 2013). سنجش بور از روش آزومتین- اچ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۲۰ نانومتر انجام شد (Wolf, 1974). غلظت عنصر روی به‌وسیله دستگاه جذب اتمی از روش سوزاندن خشک و هضم با اسید کلریدریک برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک قرائت شد (Emami, 1996).

(معادله ۱)

$$\text{عملکرد روغن} = \frac{\text{درصد روغن} \times \text{عملکرد دانه}}{100}$$

(معادله ۲)

$$\text{درصد نیتروژن} = \frac{0/0014 \times \text{حجم اسید مصرفی (cc)}}{\text{وزن نمونه (گرم)}} \times 100$$

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3 نسخه portable تجزیه و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه میانگین داده‌ها انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد این صفت تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی ($p \leq 0.05$) و نوع محلول‌پاشی ($p \leq 0.01$)

1- SPAD Value

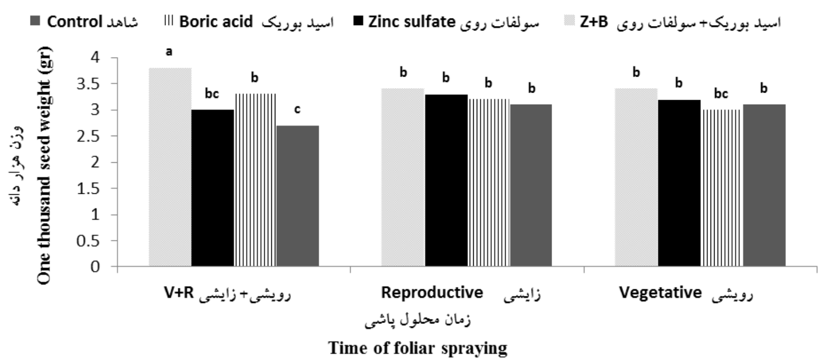
قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۷۰/۷ سانتی‌متر از محلول‌پاشی در مراحل رویشی و زایشی به‌دست آمد (جدول ۳). در بررسی اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژن در ارقام کلزا، بیشترین ارتفاع بوته از تیمار محلول‌پاشی توأم در مراحل ساقه رفتن و گلدهی گزارش گردید (Rabiee *et al.*, 2013). در کاربرد انواع مختلف کود نیز بیشترین و کمترین میزان صفت مذکور به‌ترتیب در تیمار کاربرد توام اسید بوریک و سولفات روی (۷۵/۲ سانتی‌متر) و شاهد (۵۶/۲ سانتی‌متر) مشاهده گردید (جدول ۳)، که مؤید تأثیر مثبت کاربرد عناصر بور و روی بر رشد رویشی بود. کمبود روی به علت تأثیر سوء بر بیوسنتز اکسین می‌تواند باعث کاهش ارتفاع بوته و عملکرد آن شود (Khalili Mahale and Rashidi, 2008). برهمکنش زمان و نوع محلول بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

وزن هزار دانه

میانگین وزن هزار دانه کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد کودهای بور و روی و برهمکنش بین آن‌ها قرار گرفت، اما زمان محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت. کاربرد توأم اسید بوریک و سولفات روی بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۳/۵ گرم را تولید کرد که نسبت به شاهد (عدم کاربرد) ۲۵/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). بر اساس نتایج برهمکنش تیمارها بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۳/۸ گرم از کاربرد اسید بوریک+ سولفات روی در مراحله رویشی+ زایشی مشاهده شد (شکل ۱). رشد دانه‌های کلزا به عرضه مواد فتوسنتزی و آب وابسته است اما دوام رشد دانه در کلزا تا حدود زیادی توسط دمای محیط تعیین می‌شود (Azizi *et al.*, 2011). افزایش وزن هزار دانه با مصرف عناصر ریزمغذی به دلیل اثرات مثبت این عناصر بر انتقال آسیمیلات، فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، تشکیل کلروفیل و بهبود رشد گیاه می‌باشد (Movahhedy-Dehnavy *et al.*, 2009). در گزارشی با به‌کارگیری عناصر گوگرد، بور و روی در کلزا، بیشترین وزن هزار دانه از تیمار گوگرد+ بور+ روی به‌دست آمد (Habibi *et al.*, 2016). نتایج مشابهی روی ذرت مشاهده شده است (Mohseni *et al.*, 2004).

عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، عملکرد دانه تحت تأثیر زمان و نوع محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج برهمکنش داده‌ها نشان داد به‌ترتیب بیشترین (۲۶۱۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۸۴۴/۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه از تیمار کاربرد اسید بوریک+ سولفات روی در مرحله رویشی+ زایشی و شاهد حاصل گردید (شکل ۲). افزایش عملکرد در محلول‌پاشی مرحله رویشی+ زایشی نسبت به سایر تیمارها را می‌توان به بیشتر بودن ارتفاع بوته، اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک در این تیمار نسبت داد. در آزمایشی حداکثر عملکرد کلزا از محلول‌پاشی در مراحل انتهایی رشد (ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی) مشاهده شده است (Rabiee *et al.*, 2013). همچنین محققان اعلام کردند استفاده از محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله گلدهی می‌توانند نقش مؤثری در بهبود عملکرد دانه کلزا داشته باشد (Omidian *et al.*, 2012). افزایش عملکرد دانه، ماده خشک گیاه و جذب بور در کلزا در ارتباط با کاربرد بور گزارش شده است (Malhi *et al.*, 2003). عملکرد دانه کلزا با افزایش توأم سطوح اسید بوریک و سولفات روی، به‌طور تصاعدی افزایش یافت (Khiavi *et al.*, 2010).



شکل ۱- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه

Figure 1- Interaction time and type of spraying on one thousand seed weight

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده کلزا تحت تأثیر زمان و نوع محلول‌پاشی

Table 2- Variance analysis for measured traits of rapeseed under time and type of foliar spraying

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه One thousand seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عدد اسپد SPAD reading	درصد پروتئین دانه Seed protein percentage	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
تکرار (Replication)	2	124.2	0.043	2506.7	42063.1	2136.4	34.43	44.3	1.91	1331
زمان محلول‌پاشی Time of foliar spraying (A)	2	248.5 *	0.016 ns	2702877.5 **	110980.7 ns	8925.2 **	4.5 ns	122.3 *	236.2 **	777789.2 **
نوع محلول‌پاشی Type of foliar spraying (B)	3	559.2 **	0.546 **	268774.9 **	697674.1 **	4352.4 *	32.38 ns	194.5 **	176 **	212583.1 **
A×B	6	139.6 ns	0.166 *	419171.6 **	12903.7 ns	2586.9 ns	21.53 ns	57.9 *	193.2 **	179138.9 **
خطا (Error)	22	78.3	0.04	16687.1	87350.8	1204.2	26.1	22.9	0.9	4446.1
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.4	6.6	6.5	18.2	27.3	12.6	14.3	2.1	7.2

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد

ns , * and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده کلزا تحت تأثیر زمان و نوع محلول‌پاشی

Table 3- Variance analysis for measured traits of rapeseed under time and type of foliar spraying

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد نیتروژن دانه Seed nitrogen percentage	درصد نیتروژن کاه Straw nitrogen percentage	میزان جذب روی در دانه Zinc uptake content in seed	میزان جذب روی در کاه Zinc uptake content in straw	میزان جذب بور در دانه Boron uptake content in seed	میزان جذب بور در کاه Boron uptake content in straw
تکرار Rep	2	1.13	0.001	61.13	78.1	2.7	2.7
زمان محلول‌پاشی Time of foliar spraying (A)	2	3.13 *	0.69 **	1337.4 **	546.6 **	162.7 **	162.7 **
نوع محلول‌پاشی Type of foliar spraying (B)	3	4.98 **	1.19 **	3419 **	2690.8 **	441.1 **	441.1 **
A×B	6	1.48 *	1.41 **	134.2 *	56.1 ns	56.4 **	56.4 **
خطا Error	22	0.5	0.08	1337.4	456.6	162.7	162.7
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.3	16.4	16.2	26.3	7	12.2

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد

ns ,* and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های اندازه‌گیری شده کلزا

Table 4- Mean comparison measured characteristics of rapeseed

صفات Treatment	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه One thousand seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عدد اسپد SPAD reading	درصد پروتئن دانه Seed protein percentage	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
	cm	g	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	٪	–	–	–	kg ha^{-1}
Time of foliar spraying زمان محلول‌پاشی									
(Vegetative stage) مرحله رویشی	61.6 b	3.1 a	1438.6 c	1512.1 a	96.9 b	39.9 a	30.4 b	43.1 b	626.4 c
Reproductive) مرحله زایشی (stage	65.7 ab	3.2 a	2142.2 b	1663.4 a	150.4 a	40.3 a	32.6 ab	43.6 b	1026.1 b
(V + R) رویشی + زایشی	70.7 a	3.2 a	2342.2 a	1690.6 a	132.9 a	41.1 a	36.7 a	51 a	1099.4 a
Type of foliar spraying نوع محلول‌پاشی									
(Control) شاهد	56.2 c	2.9 b	1769.8 c	1356.4 b	139.9 ab	39.5 a	26.3 b	42.6 c	756.1 d
(Boric acid) اسید بوریک	64.6 bc	3.1 b	2158.3 a	1438 b	150.8 a	38.3 a	35.7 a	44.6 b	960.3 b
(Zinc sulfate) سولفات روی	68 ab	3.1 b	1902 b	1730.9 a	110.6 b	41.6 a	34.6 a	44.1 b	842.2 c
(B + Z) اسید بوریک + سولفات روی	75.2 a	3.5 a	2067.4 a	1963 a	105.8 b	42.5 a	36.3 a	52.4 a	1110.6 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های اندازه‌گیری شده کلزا

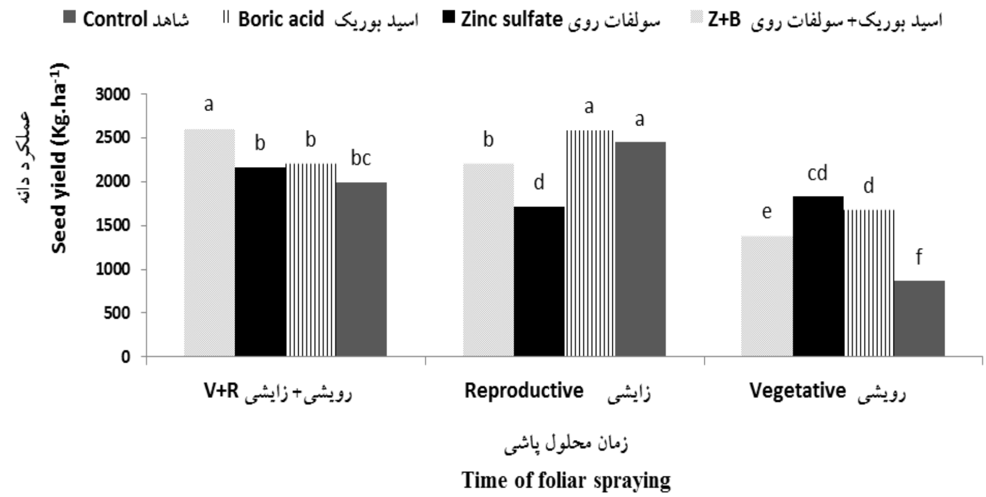
Table 5- Mean comparison measured characteristics of rapeseed

صفات Treatment	درصد نیتروژن دانه Seed nitrogen percentage	درصد نیتروژن کاه Straw nitrogen percentage	میزان جذب روی در دانه Zinc uptake content in seed	میزان جذب روی در کاه Zinc uptake content in straw	میزان جذب بور در دانه Boron uptake content in seed	میزان جذب بور در کاه Boron uptake content in straw
	-	-	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg.kg^{-1}
Time of foliar spraying زمان محلول‌پاشی						
Vegetative) مرحله رویشی (stage	4.8 b	1.5 b	31.7 b	24.2 b	12.6 c	5.5 c
Reproductive) مرحله زایشی (stage	5.2 ab	1.6 b	46.4 a	34.1 a	17.5 b	10.5 b
(V + R) رویشی + زایشی	5.8 a	2 a	52.2 a	37.1 a	19.8 a	12.7 a
Type of foliar spraying نوع محلول‌پاشی						
(Control) شاهد	4.2 b	1.2 b	27.5 c	18.5 c	10.1 d	3.1 d
(Boric acid) اسید بوریک	5.7 a	1.7 a	28.7 c	20.5 c	19.4 b	12.4 b
(Zinc sulfate) سولفات روی	5.5 a	2 a	48.9 b	32.2 b	11.8 c	4.7 c
B +) اسید بوریک + سولفات روی (Z	5.8 a	2 a	68.7 a	56.1 a	25.2 a	18.2 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

وجـود آب کـافی و مسـاعد بـودن شـرایط آب و هـوایی منطقـه سیستان در طول فصل رشد کلزا، سبب سبز شدن یکنواخت و زمستان گذرانی مطلوب گردید. علاوه بر این محلـول‌پاشـی مناسـب در زمـان رویشی و زایشی (مطابق با ۹۰ روز پس از کاشـت+ ۱۲۰ روز پـس از کاشت) به خصوص مقارن با زمان گل‌دهی، مانع از ریـزش گـل‌هـا و عقیم شدن آن‌ها شد و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه گردید.



شکل ۲- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر عملکرد دانه

Figure 2- Interaction time and type of spraying on seed yield

عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها عملکـرد بیولوژیـک تنها تحت تأثیر نوع محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، شاخص برداشت نیز تحت تـأثیر زمـان محلـول‌پاشـی در سـطح احتمال یک درصد و نوع ریز مغذی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میـانگین‌هـا بیشـترین بیومـاس تولیدی از کاربرد توأم اسید بوریک+ سولفات روی بـا میـانگین ۱۹۶۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، به‌طوری‌کـه کـاربرد سـولفات روی بـا میانگین ۱۷۳۰/۹ کیلوگرم در هکتار نیز در رتبه بعدی قرار گرفت امـا از لحاظ آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و کمترین مقدار صفت مذکور نیز در تیمار شاهد مشـاهده شـد (جـدول ۴). تـأثیر سـودمندی محلول‌پاشی روی و بور بـر عملکـرد بیولوژیـک توسـط سـایرین نیـز گزارش شده است (Ziaeyan and Rajaie, 2009). افـزایش ارتفـاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه اصلی‌تـرین عامـل افـزایش عملکـرد بیولوژیک بوده است. بر اساس روابط منبع و مخزن، با توجه بـه رشـد نامحدود بودن کلزا با افزایش سن گیاه، حرکـت مـواد فتوسـنتزی بـه سمت اندام‌های در حـال رشـد (دانـه و خـورجین) افـزایش مـی‌یابـد. همچنین بعد از پر شدن دانه‌ها و قبل از رسیدگی فیزیولوژی، به علت پیری برگ‌ها، با مکانیزم انتقال مجدد مقدار زیـادی نشاسـته و قنـد از برگ‌ها برداشت و به دانه منتقل می‌شود. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که بیوماس تولیدی تحت تأثیر زمان محلول‌پاشـی طـی دو سـال زراعـی قرار نگرفت (Khazaie *et al.*, 2011).

همچنین کاربرد بور به طرز بسیار معنی‌داری باعث افزایش سـطح برگ، محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شـود (Nasef *et al.*, 2006). افـزایش عملکرد زیستی کلزا در محلول‌پاشی تـوأم بـور و روی گـزارش شـده است (Azizi *et al.*, 2011).

در بین زمان‌های محلـول‌پاشـی، بیشـترین شـاخص برداشـت از کاربرد اسید بوریک+ سولفات روی در مراحل رویشی+ زایشی به‌دست آمد که با کاربرد در مرحله زایشی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد با کـاربرد اسـید بوریـک بیشـترین شـاخص برداشـت به‌دست آمد. محلول‌پاشی سولفات روی و تیمار اسید بوریک+ سولفات روی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و در رتبه دوم قـرار گرفـت (جـدول ۴). بـرهمکنش تیمارهـا برصـفت فـوق تـأثیر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲).

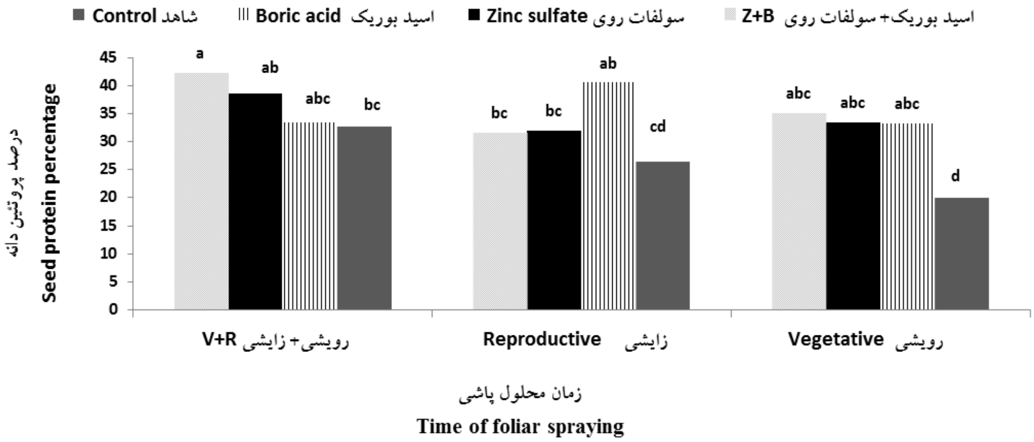
عدد اسپد

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر تیمارهای آزمایشـی و برهمکنش بین آن‌ها بر عدد اسپد معنی‌دار نبود (جدول ۲). مشابه این نتایج، اثر زمان محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی بر کلیـه ویژگـی‌هـای مورد مطالعه کنجد به استثنای شاخص کلروفیل برگ و عملکرد دانـه در بوته معنی‌دار شد (Ostad, 2014).

درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تأثیر زمان و نوع محلول‌پاشی به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود. برهکمنش بین تیمارها نیز در سطح احتمال ۵ معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج برهمکنش تیمارها بیشترین درصد پروتئین دانه کلزا از کاربرد توام اسید بوریک+ سولفات روی در مرحله رویشی+ زایشی مشاهده شد. در این آزمایش کمترین درصد پروتئین مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۳). به دلیل تأثیر مستقیم عناصر روی و بور در هر پروسه بیان ژن و سنتز پروتئین، افزایش محتوی پروتئین بذر با کاربرد این عناصر توجیه می‌گردد (Cakmak, 2000).

کمبود روی سبب جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود که باعث صدمات اکسیداتیو به مولکول‌های پروتئین، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Bybordi and Mamedov, 2010). کاهش در محتوی پروتئین در اثر کمبود روی در گیاه به علت کاهش در میزان RNA گیاه است (Lohry, 2007). در گزارشی کاهش درصد پروتین کلزا با محلول‌پاشی روی در مرحله ساقه‌دهی در مقایسه با گلدهی بیان شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Omidian *et al.*, 2012).



شکل ۳- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر درصد پروتئین دانه
Figure 3- Interaction time and type of spraying on seed protein percentage

درصد روغن

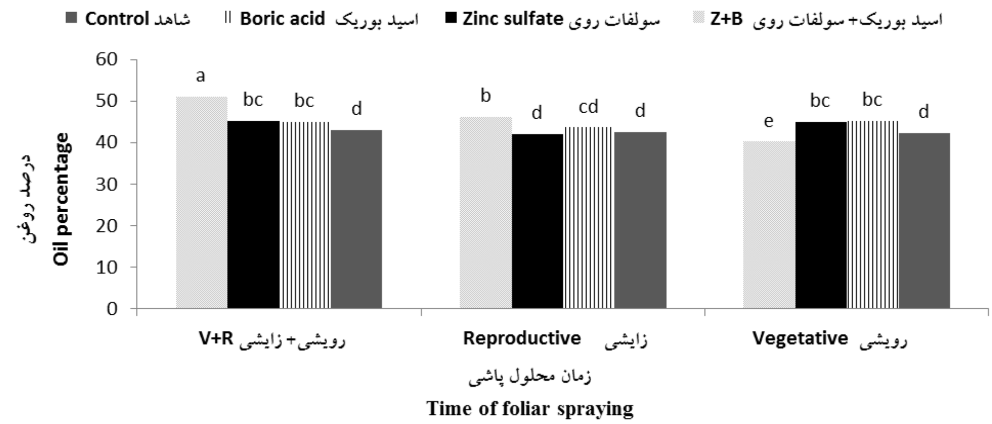
دانه‌های کلزا حاوی درصد زیادی روغن فاقد کلسترول بوده، بنابراین هدف تغذیه با مواد معدنی، افزایش درصد روغن دانه‌ها می‌باشد (Habibi *et al.*, 2016). در این بررسی تأثیر زمان، نوع محلول‌پاشی و برهمکنش بین تیمارها بر درصد روغن دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج برهمکنش داده‌ها، به‌ترتیب بیشترین (۵۱ درصد) و کمترین (۴۰ درصد) درصد روغن از تیمار محلول‌پاشی اسید بوریک+ سولفات روی در مرحله رویشی+ زایشی (۹۰ روز پس از کاشت+ ۱۲۰ روز پس از کاشت) و رویشی (۹۰ روز پس از کاشت) به‌دست آمد (شکل ۴) که نشانگر تأثیر مثبت عناصر بور و روی بر درصد روغن است.

کاربرد عنصر روی باعث افزایش متابولیسم چربی‌ها می‌شود و از این طریق درصد روغن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر افزاینده محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر روغن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گزارش شده است (Kamaraki and Galavi, 2012). کاربرد تیمار بور+ روی+ گوگرد سبب افزایش ۹/۸ درصدی روغن کلزا نسبت به شاهد شد (Rabiee *et al.*, 2013). بیشترین میزان روغن دانه در رقم محلی گلرنگ نیز از محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله گلدهی و شاخه‌دهی به‌دست آمد (Moradi Telavat *et al.*, 2015). نتایج مشابهی مبنی بر افزایش درصد روغن دانه کلزا در محلول‌پاشی عنصر روی در گیاه کلزا گزارش شده است (Bybordi and Mamedov, 2010).

عملکرد روغن

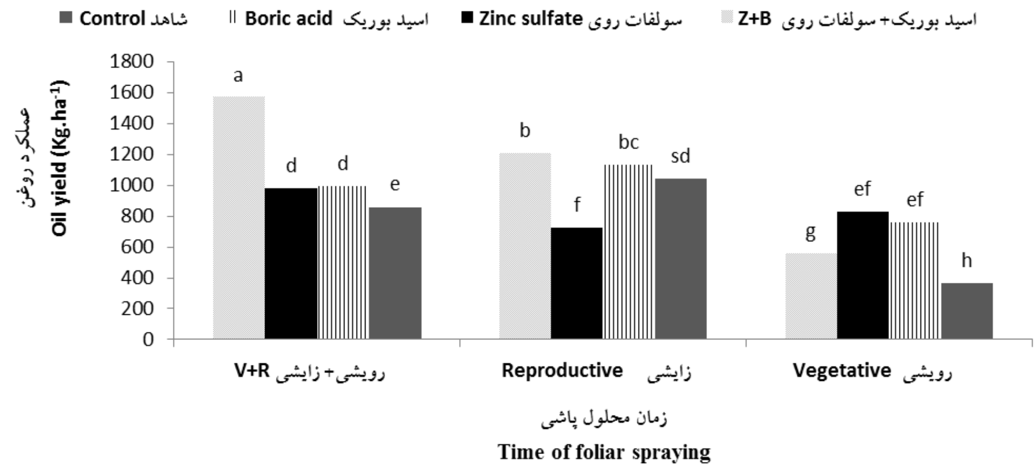
براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) عملکرد روغن تحت تأثیر زمان و نوع محلول‌پاشی و برهمکنش بین آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد روغن کلزا با میانگین ۱۵۶۹/۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار اسید بوریک+ سولفات روی در زمان رویشی+ زایشی مشاهده شد (شکل ۵). با توجه به نتایج، با مصرف سولفات روی+ اسید بوریک، عملکرد دانه و میزان روغن دانه افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد روغن شده است، مطابق این یافته‌ها، اعلام گردیده، بین مصرف عناصر روی و بور با

عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که با کاربرد این عناصر از طریق افزایش درصد روغن و عملکرد دانه منجر به افزایش عملکرد روغن می‌شود (Habibi *et al.*, 2016).



شکل ٤- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر درصد روغن دانه

Figure 4- Interaction time and type of spraying on seed oil percentage



شکل ۵- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر درصد عملکرد روغن

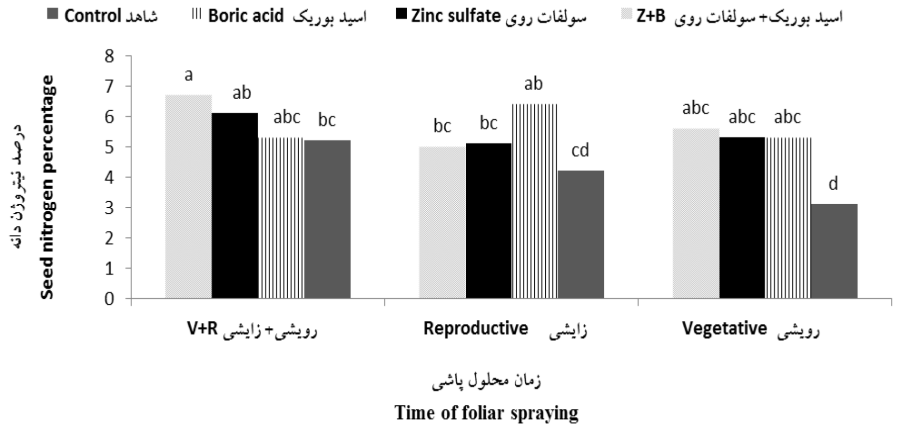
Figure 5- Interaction time and type of spraying on oil yield

درصد نیتروژن دانه و کاه

درصد نیتروژن دانه و کاه کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان، نوع محلول و برهمکنش بین آن‌ها قرار گرفت. برهمکنش تیمارها برای نیتروژن دانه و کاه به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج برهمکنش تیمارها، بیشترین درصد نیتروژن دانه با میانگین ۶/۷ درصد از کاربرد اسید بوریک+ سولفات روی در مرحله رویشی+ زایشی به‌دست آمد (شکل ۶). همچنین بیشترین درصد نیتروژن کاه با میانگین ۲/۹ درصد از کاربرد اسید بوریک در مرحله رویشی+ زایشی مشاهده شد (شکل ۷). این بهبود در پارامتر کیفیت با توجه به افزایش سطح روی و بور، ممکن است به نقش آن در افزایش رشد و تجمع ماده خشک منجر شود که سبب افزایش بیشتر جذب مواد مغذی می‌گردد. مطابق این نتایج، گزارش گردید که کاربرد روی به صورت محلول‌پاشی، غلظت نیتروژن دانه و کاه گندم (*Triticum aestivum* L.) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Seadh *et al.*, 2009).

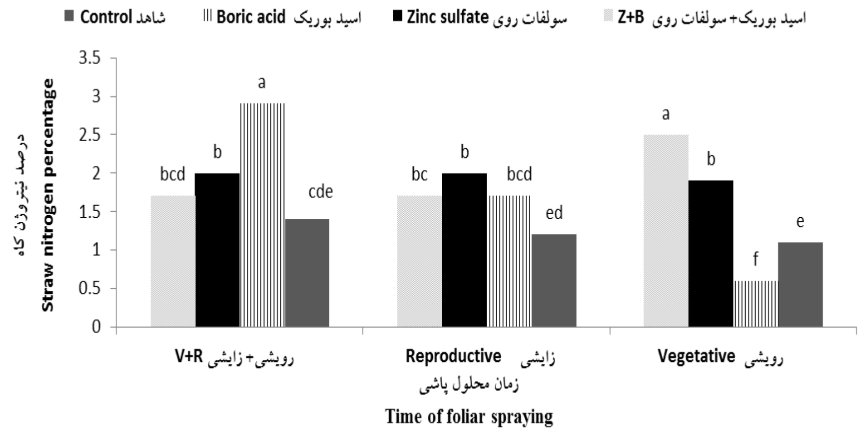
بور بر متابولیسم ترکیبات نیتروژن در گیاه مؤثر بوده و در اثر کمبود آن ترکیبات نیتروژن محلول، مخصوصاً نیترات در گیاه تجمع می‌یابد (Malakouti and Motesharezadeh, 1999). همچنین بور در گلدهی، میوه‌دهی، متابولیسم ازت، انتقال و عمل هورمون‌ها و تقسیم سلولی نقش اساسی دارد. در آزمایشی میزان

کربوهیدرات‌های برگ تحت تأثیر کاربرد اسید بوریک افزایش یافت (Mashayekhi and Atashi, 2012). با محلول‌پاشی اسیدبوریک، غلظت بور و به دنبال آن میزان هیدرات کربن و انرژی بیشتری ایجاد شده و با تأثیر بر سنتز اکسین‌ها افزایش رشد ریشه و اندام رویشی را سبب می‌شود (Nyomora and Brown, 1997). با افزایش کاربرد روی، درصد نیتروژن دانه و کاه کلزا نیز روند افزایشی داشت (Olama *et al.*, 2013).



شکل ٦- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر درصد نیتروژن دانه

Figure 6- Interaction time and type of spraying on seed nitrogen percentage



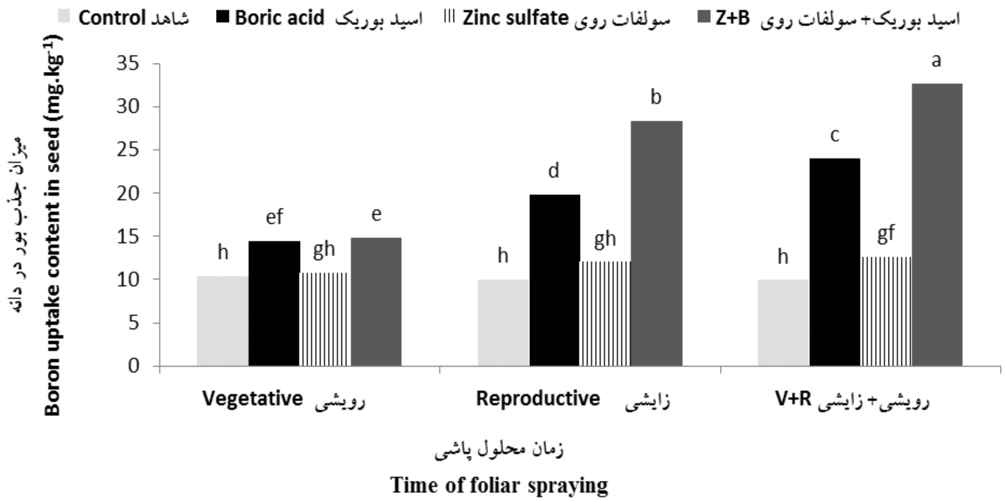
شکل ۷- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر درصد نیتروژن کاه

Figure 7- Interaction time and type of spraying on straw nitrogen percentage

میزان جذب بور و روی در دانه

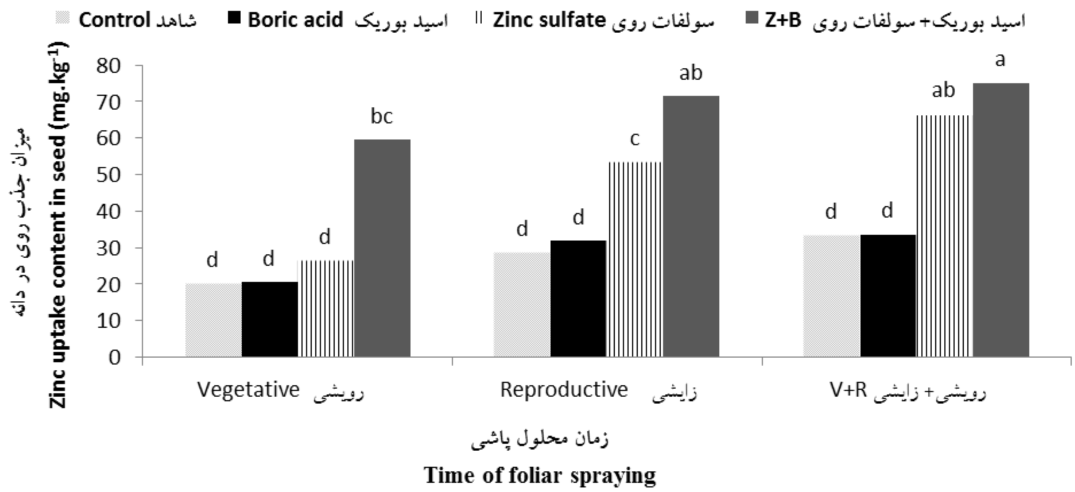
نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد تأثیر محلول‌پاشی بور و روی و زمان آن در سطح احتمال یک درصد بر صفات فوق معنی‌دار بود (جدول ۳). تأثیر برهمکنش تیمارها نیز برای جذب روی در سطح احتمال پنج درصد و برای جذب بور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طوری‌که بیشترین میزان جذب بور و روی در دانه به‌ترتیب با میانگین ۳۲/۶ و ۷۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم از محلول‌پاشی اسید بوریک+ سولفات روی در تیمار رویشی+ زایشی به‌دست آمد (شکل ۸ و ۹).

نتایج نشان داد محلول‌پاشی عناصر در مرحله رویشی+ زایشی، ۶/ ۶۹ درصد غلظت بور و ۷۲/۹ درصد غلظت روی را نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) افزایش داد (جدول ۵). احتمالاً متفاوت بودن جذب عناصر در دانه به قابلیت تحرک عناصر در گیاه بستگی دارد (Khiavi *et al.*, 2010). منگل (Mengel, 1980) بیان نمود که عناصر روی، فسفر و منیزیم در بیشتر گیاهان زراعی از قابلیت تحرک خوبی برخوردار هستند و به اندام‌های زایشی گیاه منتقل می‌شوند.



شکل ۸- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر جذب بور در دانه

Figure 8- Interaction time and type of spraying on boron uptake in seed



شکل ۹- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر میزان جذب روی در دانه

Figure 9- Interaction time and type of spraying on zinc uptake in seed

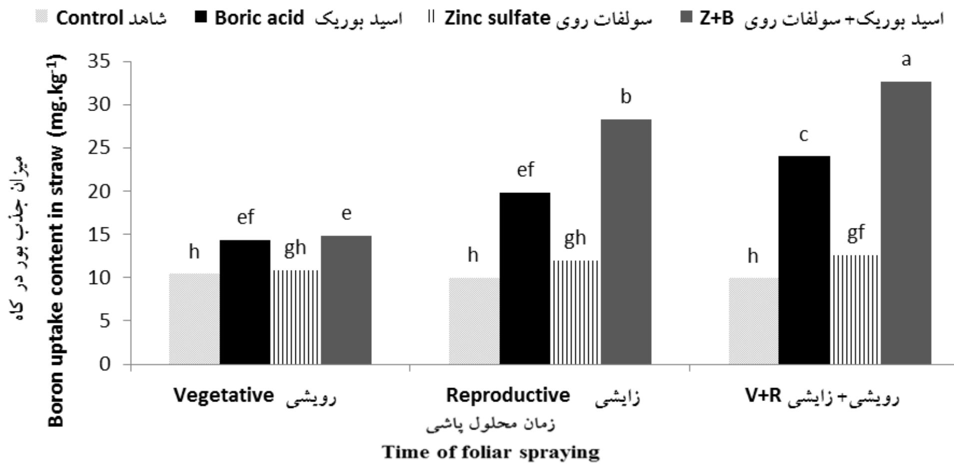
در نتایج مشابهی بیشترین میزان جذب سه عنصر بور، روی و گوگرد در دانه کلزا از تیمار ترکیب سه‌گانه این عناصر گزارش شده و علت این افزایش در تیمار ترکیبی را به اثر متقابل و رابطه هم‌افزایی بین عناصر نسبت داده‌اند (Habibi *et al.*, 2016). همچنین در گزارشی کاربرد روی به صورت محلول‌پاشی، غلظت روی دانه و کاه و کلش و ریشه کلزا را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Olama *et al.*, 2013). کاربرد کود روی موجب افزایش غلظت روی در دانه می‌شود و کاربرد عنصر بور نیز موجب افزایش غلظت این عنصر در دانه می‌شود اما تأثیر آن بر دانه، معمولاً زیاد محسوس نیست (Mohseni *et al.*, 2013).

میزان جذب بور و روی در کاه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) محلول‌پاشی عناصر بور و روی و زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفات فوق معنی‌دار بود. تأثیر برهمکنش تیمارها فقط بر میزان جذب بور درسطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

براساس مقایسه میانگین برهمکنش داده‌ها بیشترین میزان جذب بور در کاه از تیمار محلول‌پاشی اسید بوریک+ سولفات روی در زمان رویشی+ زایشی با میانگین ۲۵/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد و کاربرد اسید بوریک+ سولفات روی در تیمار محلول‌پاشی در زمان زایشی در رتبه دوم قرار گرفت (شکل ۱۰). در بین عناصر نیز کاربرد توأم اسید بوریک و سولفات روی با میانگین ۵۶/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیشترین میزان جذب روی در کاه حاصل شد که نسبت به

شاهد ۶۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). حسینی (Hosseini, 2016) گزارش داد بالاترین غلظت بور برگ (۴۳/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) کلزا در بین سطوح محلول‌پاشی از تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ درصد اسید بوریک در دو نوبت یک و دو ماه پس از سبز شدن حاصل شده که نسبت به تیمار شاهد ۴۱ درصد افزایش نشان داد.



شکل ۱۰- برهمکنش زمان و نوع محلول‌پاشی بر میزان جذب بور در کاه

Figure 10- Interaction time and type of spraying on boron uptake in straw

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۲۶۱۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن (۱۵۶۹/۶کیلوگرم در هکتار) و بیشترین درصد پروتئین دانه کلزا (۴۲/۲ درصد) از تیمار کاربرد اسید بوریک+ سولفات روی در مرحله رویشی+ زایشی حاصل گردید. محلول‌پاشی به میزان ۲ گرم در لیتر اسید بوریک و سولفات روی در دو نوبت ۹۰ و ۱۲۰ روز پس از کاشت سبب افزایش عملکرد دانه، پروتئین، روغن و همچنین افزایش میزان جذب بور و روی در دانه و کاه کلزا می‌گردد و برای مناطق مشابه با منطقه اجرای طرح قابل توصیه است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل که هزینه مالی این طرح پژوهشی (PR-UOZ97-7) را برعهده داشت قدردانی می‌گردد.

References

1. Ahmadi, J., Seyfi, M. M., and Amini. M. 2012. Effect of spraying micronutrients Fe, Zn and Ca on grain and oil yield of sesame (*Sesamus indicum* L.) varieties. Electronic Journal of Crop Production (EJCP) 5 (3): 115-130. (in Persian with English abstract).
2. Azizi, K. H., Norouzian, A., Heydari, S., and Yaghubi, M. 2011. The study of effect of zinc and boron foliar application on yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of rapeseed *(Brassica napus* L.*)* in Khorramabad climatic conditions Journal of agronomy science 3 (5): 1-16. (in Persian with English abstract).
3. Baniabbass Shahri, Z., Zamani, G. R., and Sayyari Zahan, and M. H. 2012. Effect of drought stress and zinc sulfate foliar application on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 4 (2): 165-172. (in Persian with English abstract).
4. Bybordi, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae 2 (1): 94-103.
5. Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist 146: 185-205.
6. Castr, J., and Sotomayor, C. 1997. The influence of boron and zinc sprays bloomtime on almond fruit set. Acta Horticulturae 402-405.
7. Emami, A. 1996. Leaf analysis methods. Technical Bulletin No. 982. Soil and Water Research Institute. Tehran. Iran. (in Persian).
8. Farshid, A. 2008. Effect of zinc and boron on yield and concentration of nitrogen, phosphorous and potassium in

the corn grain. Journal of Sustainable and Agriculture Production Science 5 (2): 134-153. (in Persian with English abstract).

9. Habibi, M., Majidian, M., Shoja, T., and Rabiee, M. 2016. Effects of S, B and Zn, on seed yield, nutrient concentration and seed quality of rapeseed (*Brassica napus* L.) Journal of Oil Plant. Production 2 (2): 1-12. (in Persian with English abstract).
10. Hosseini, S. M. 2016. Effect of Different Levels and Application Methods of Boric Acid on Yield and Protein Content of Common Bean. Iranian Journal of Soil Research 29 (4): 383-510. (in Persian with English abstract).
11. Jamsom, M., Galeshi, S., Pahlavani, M. H., and Zeinali, E. 2009. Evaluation of zinc foliar application on yield components, seed yield and seed quality of tow soybean cultivar in summer cultivation. Journal of Plant Production 16 (1): 17-28.
12. Kamaraki, H., and Galavi, M. 2012. Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on qualitative traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Quarterly Agroecology 4 (3): 201-206. (in Persian with English abstract).
13. Khalili Mahale, J., and Rashidi, M. 2008. Effect of Foliar Application of Micro Nutrients on Quanititative and Qualitative Characteristics of 704 Silage Corn in Khoy. Seed and Plant Improvement Journal 24 (2): 281-293. (in Persian with English abstract).
14. Khazaie, H. R., Eyshi Rezaie, E., and Bannayan, M. 2011. Application times and concentration of humic acid impact on aboveground biomass and oil production of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Journal of Medicinal Plants Research 5 (20): 5148-5154.
15. Khiavi, M., Khorshidi, M. B., Ismaeili, M., Azarabadi, S., Faramarzi, A., and Emaratpardaz, J. 2010. Effect of Foliar Application of Boron and Zinc on Yield and Some Qualitative Characteristics of Two Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. Water and Soil Science 20 (3): 31-45. (in Persian with English abstract).
16. Lohry, R. 2007. Micronutrients: functions, sources and application methods. Indiana CCA Conf. Proceedings.
17. Malakouti, M., and Motesharezadeh, B. 1999. The trend of consumption of fertilizers in Iran (goals and policies), Technical Bulletin No. 64, Train and equip the human resources department, Ministry of Agricultural Jehad. (in Persian).
18. Malhi, S. S., Raza, M., Schoenau, J. J., Mermut, A. R., Kutcher, R., Johnston, A. M., and Gill, K. S. 2003. Feasibility of boron fertilization for yield, seed quality and B uptake of canola in northeastern Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science 83 (1): 99-108.
19. Mashayekhi, K., and Atashi, S. 2012. Effect of foliar application of boron and sucrose on biochemical parameters of “Camarosa” strawberry. Journal of Plant Production 19 (4): 157-171. (in Persian).
20. Mengel, D. B. 1980. Role of micronutrients in efficient crop production. Indian Cooperative Extension Service. New Delhi, India.
21. Moezardalan, M., and Firuzabadi, G. H. 1997. Fruit trees nutrition. Jahad publication institute dependent on Univ. Jahad. 259p. (in Persian).
22. Mohseni, M., Haddadi M. H., and Valiolahpor, R. 2013. Investigating of boron and zinc compound application on corn seed set in Mazandaran environment, Iran. New Finding in Agriculture 7 (2): 177-185. (in Persian with English abstract).
23. Mohseni, S. H., Ghanbari, A., Mansuji, A. M., Ramzanpor, M. R., and Mohseni, M. 2004. Investigating effect of micronutrient on quality and quantity of 647 and 704 seed corn. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, university of Zabol, Iran. (in Persian with English abstract).
24. Moosazadeh, M., Baradaran, R., and Seghatol Eslami, M. J. 2010. Response of Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Canopy, Leaf Chlorophylland Yield to Nitrogen Fertilizer Application Methods. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (1): 42-48. (in Persian with English abstract).
25. Moradi Telavat, M. R., Roshan, F., and Siadat, S. A. 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals contenet, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Science 17 (2): 153-164. (in Persian with English abstract).
26. Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamustinctorius* L.) grown under water deficit stress. Indian Crops Production 30 (1): 82-92.
27. Nasef, M. A., Badran, N. M., and Abd El-Hamide, A. F. 2006. Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. Journal of Applied Sciences Research 2 (12): 1330-1337.
28. Nyomora, A. M. S., and Brown, P. H. 1997. Fall foliar applied Boron increases tissue Boron concentration and nut set of Almond. Journal of the American Society for Horticultural Science 22 (3): 405-410.
29. Olama, V., Ronaghi, A. M., Karimian, N. A., Yasrebi, J., Hamidi, R., and Tavajjoh, M. 2013. Comparison of yield, yield components and seed quality (oil and protein content) of two rapeseed cultivars as affected by different levels of soil-applied nitrogen and zinc. Journal of Science and Technology Greenhouse Culture 4 (16): 83-98. (in Persian).

30. Omidian, A., Siadat, S. A., Naseri, R., and Moradi, M. 2012. Effect of foliar application of zinc sulphate on grain yield, oil and protein content in four rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science 14 (1): 16-28. (in Persian with English abstract).
31. Ostad, E. 2014. Effect of foliar application time of zinc sulfate and boric acid on yield, yield components and seed oil content of sesame. Msc thesis in agronomy, Islamic Azad University, Savzevar branch, Iran. (in Persian with English abstract).
32. Pimentel, D., and Dazhong, W. 1990. Technological changes in energy use in U.S. agricultural production. Pp. 147-163.
33. Pimentel, D., and Patzek, T. W. 2005. Ethanol production using corn, switch-grass, and wood: Biodiesel production using soybean and sunflower. Natural Resources Journal 14: 65-76.
34. Qranjik, A., and Galeshi, S. 2001. Effect of nitrogen spray on yield and yield component of wheat. Agriculture and Natural Resource Journal 8 (2): 87-98. (in Persian with English abstract).
35. Rabiee, M., Kavosi, M., ShokriVahed, H., and Tousi Kehal, P. 2013. Effect of Concentration and Time of Foliar Spraying of Nitrogen Fertilizer on Grain Yield and Important Traits of Rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hyola 401. Journal of Science and Technology, Water and Soil Science 17 (63): 43-53. (in Persian with English abstract).
36. Salardini, A. 2003. Soil fertility. University of Tehran press. Tehran. Iran. (in Persian).
37. Sarmadnia, G. H., Kouchaki, A. 1993. Crops Physiology. Mashhad Jihad Daneshgahi Publ. 458p. (in Persian).
38. Seadh, S. E., El-Abady, M. I., El-Ghamry A. M., and Farouk, S. 2009. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. Journal Biological Sciences 9 (8): 851-858.
39. Shariati, S., and Ghazi Shahni Zadeh, P. 2001. Rapeseed. Ministry of Jehad-e- Keshavarzi Publ. Iran, 81p. (in Persian).
40. Wolf, B. 1974. Improvement in the azomethine-H method for the determination of boron. Communication in Soil Science and Plant Anal. 5: 39-44.
41. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gulekin, I., Ka ranlink, S., Bagci, S. A., and Cakmak, I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 20: 461-471.
42. Ziaeyan, A. H., and Rajaie, M. 2009. Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. International Journal of Plant Production 3 (3): 35-44.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 405-419

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۱۹-۴۰۵

Evaluation of Rapeseed Oil Yield under Different Spraying Time of Boric acid and Zinc sulfate in Sistan Region

M. Forouzandeh[1*]

Received: 07-02-2017
Accepted: 13-03-2018

Introduction: Rapeseed oil is the third source of vegetable oil in the world. It is considered as safe oil nutrition, due to its lowest and moderate content of saturated and unsaturated fatty acids, respectively. According to the latest statistical reports, its farming area are extending every year (has extended from 60 to 200 thousand hectares, in last year). Using of fertilizers in appropriate time and amount plays key role in production of high quality and quantity agricultural products. Therefore, in this research yield components and seed quality parameters have studied for revealing the best time of boric acid and zinc sulfate fertilization.

Materials and Methods: All of analysis steps were conducted in the Agricultural Research Institute, University of Zabol, Iran (UOZ). The boric acid and zinc sulfate spray effects on vegetative and reproductive stages of rapeseed were studied in a complete randomized block in factorial arrangement with three replications. Treatments were included foliar spraying in four levels: control (no spraying), boric acid (2 g l^{-1}), zinc sulfate (2 g l^{-1}) and both boric acid + zinc sulfate (2+2 g l^{-1}), and also time of foliar spraying were at 90 days after planting (vegetative stage), 120 days after planting (reproductive stage) and both vegetative+ reproductive stages. They were evaluated characteristics such as plant height, thousand–seed weight, seed yield, biological yield, harvest index, SPAD number, protein percentage, oil yield and percentage, seed and straw nitrogen percentage, boron uptake content in seed and straw, and finally zinc uptake content in seed and straw. Nitrogen, protein, Boron and zinc amounts were determined by keldal method, multiplying the percentage of nitrogen in 6.25, Azomtin-H method using spectrophotometer at 420 nm, and atomic absorption, respectively. Also, SPAD number value and oil content were measured by chlorophyll meter SPAD 502 Plus model and Soxhlet extractor, respectively. Statistical analyses were performed using SAS software and the means comparison was done using Duncan test at the 5% probability level.

Results and Discussion: Time of foliar spraying of vegetative+ reproductive showed significant different with other treatments for the most of study characteristics. The time of foliar spraying effect was significant on all of characteristics except thousand seed weight and SPAD number. Also type of foliar spraying showed significant effect on all of characteristics except SPAD number. It was observed Maximum seed yield (2610 kg ha^{-1}), oil yield (1569.6 kg ha^{-1}) and seed protein percentage (42.2%), respectively, in boric acid+ zinc sulfate and vegetative+ reproductive stage that increased 66.8%, 76.7% and 52.8% in compared to control. The maximum magnitude of seed and straw nitrogen uptake content with rate 6.7% and 2.9% were obtained from boric acid+ zinc sulfate in vegetative+ reproductive stage. Spraying of boron and zinc increased concentration of these nutrients with rate 36.3% and 39.2% in compared with control respectively.

Conclusions: The results of this study indicated, foliar spraying of both boric acid+ zinc sulfate (2+2 g l^{-1}) in 90 days after planting (vegetative stage) and 120 days after planting (reproductive stage) stages in order to produce Rapeseed in this region and similar climate conditions are recommended.

Keywords: Oil percentage, Seed and straw nitrogen, Seed protein, Spraying, Zinc sulfate

1- Instructor, Agricultural Research Institute, University of Zabol, Zabol, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.forozandeh@uoz.ac.ir)